

محاضرة 3: أساسيات الـ Digital Image

المحتوى: ① Image Representation, Sampling & Quantization

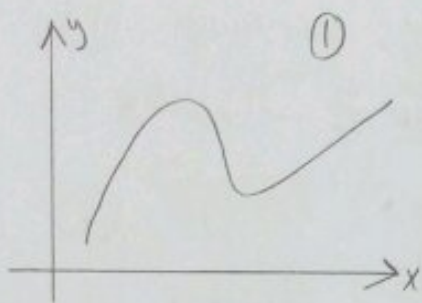
Resolution ②

Interpolation ③

Adjacency & Distance ④

Image Representation, Sampling & Quantization

التمثيل كدالة مستمرة للصورة



* الصورة قبل ما تبقى Digital بتكون Analog أو

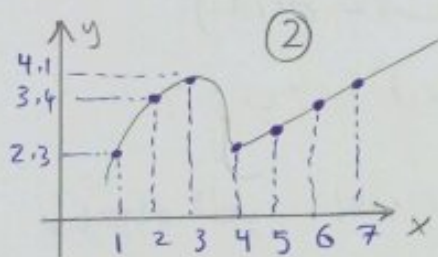
continuous بنفس النظام في شكل ①

* عملية الـ Sampling بتنجز على الـ Spatial part
بمعنى: بعشي على محور x مثلا، بدل ما الدالة كانت ليها

قيم عند $x=1.4$ مثلا، هتجربها Discrete

وآخد عند قيم محددة بس، زي شكل ②

- الشكل وافر فيه قيمة للدالة عند قيم $1, 2, 3, \dots$



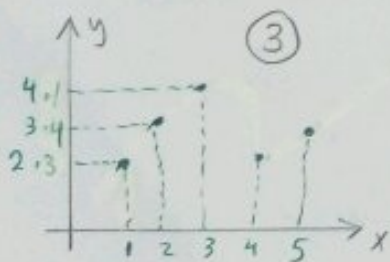
* عملية الـ quantization بتنجز على الـ amplitude

بمعنى راني عندي مثلا $y = x^2 + x$ ، y عندي

دالة في x ، يعني y هي الـ amplitude

- بعد ما خدت قيم للدالة عند $x=1, x=2, x=3, \dots$

هتبقى فيه قيم صافرة في الـ y زي شكل ②



- هتأخذ القيم من x مع المناظر ليها من y وتبقى

الدالة عندي هي مجموعة الـ snapshots التي خدتها من الـ Continuous function زي شكل ③

- حكمه بعد كده أقرب قيم الـ y وأقرب صعيبة (rounding)

ودي بتروح للـ A/D converter

Spatial Coordinates

* راجع صفحة ①٤ في ملف السنة اللي فاتت

في حالة الـ Digital image بعل sampling لـ x, y لأنهم زامدانيات، واز

amplitude اللي هو $f(x, y)$ هو اللي بتعمله quantization. الشكل هيتكون 3D

①

حتى 2D زي فوه

* عدد Samples هيفتلف حسب ال Sensors اللي يستعملها
 راجع الصفحة رقم 14 وبعدها 15 بتقيم البرنامج (من الصفحات)
 فيها شرح كويس للبنية دي

Image Representation *

عندي 3 طرق لتمثيل الصورة ، شوف حلايه 3×3

(1) **surface** : بيكون تمثيل 3D ، ال x, y دي امدانيات كل pixel

والمحور ال z بيكون قيمة كل بكسل $f(x, y)$

(2) **Image** : ده 2D ، وده كل الصور اللي بتشوفها بتبقى متصلة كده

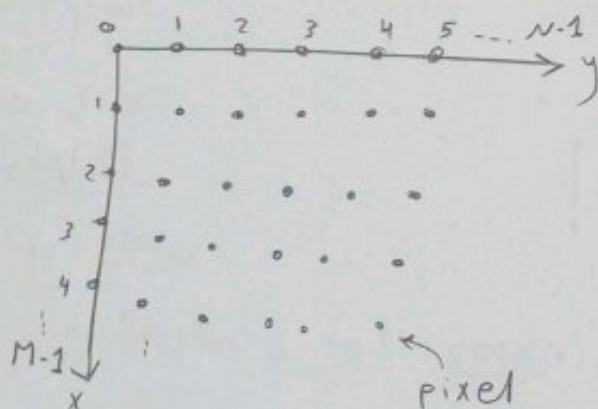
(3) **Array** : ده تمثيل رقمي للبرجة ، ال x, y بيمثلو index لا

Array بتاعت الصورة وال $f(x, y)$ بتحمل قيمة كل index في ال Array

(زي الحاتلاب)

بأبعاد الصورة بيكون $M \times N$ حيث M هي عدد الصفوف ، و N هي
 عدد الأعمدة

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix}$$



* ال K بيكون عدد ال bits اللي بغزيم فيها ال intensity بتاعت كل pixel

* ال L هي عدد ال Levels الكاملة لا intensity وبيكون $L = 2^K$

* في حالة الصورة ال grayscale غالباً بيكون $K=8$ يعني عندي
 256 Level ($L=256$) لقيم ال intensity

يعني \leftarrow قيم ال intensity هبتن 0 - 255 [فضيش صديد ما قولنا انكلام
 ده قبل كده]

* تعريف Contrast وال Dynamic Range

$$\text{Dynamic Range} = \frac{\text{Maximum intensity Level}}{\text{Minimum intensity Level}}$$

$$\text{Contrast} = \text{Max intensity Level} - \text{Min intensity Level}$$

يعني لو عندي صورة أعلى قيمة لبيكسل فيها كانت 200 وأقل قيمة لبيكسل فيها لبيكسل هي 20 هي عندي

$$\text{Dynamic Range} = \frac{200}{20} = 10$$

$$\text{Contrast} = 200 - 20 = 180$$

* حجم الصورة عند التخزين $b = M \times N \times k$
 $M \times N$ ده عدد ال Pixels في الصورة، و k عدد ال bits اللي بيثيل فيها قيمة كل pixel

راجع سلايد [3a.35] وسلايد [3a.6]

Spatial Resolution #
 Intensity Resolution * عندي نوعيه مدرار

① Spatial Resolution: عدد ال Pixels لو وحدة المساحة، مش مجرد ال $M \times N$

- ممكنه عندي أكثر من صورة ليهم نفس ال أبعاد $M \times N$ بس واحدة ليها Spatial Resolution أعلى، هتكونه أوضح

- راجع سلايد [3a.8]، الوحدة DPI هي Dot per inch

، أقل صورة في ال Spatial Resolution هي d رغم إنك الصور ليها نفس ال أبعاد $M \times N$

- بيبان فرق ال Spatial Res. مع ال Zooming

(2) Intensity Resolution (Gray-levels) : ده هوار K اللي
 اتكلمنا عنها ، عدد ال bits اللي بحتاجها عشانه أفزده قيمة ال pixel
 - راجع سلايد [3a.9] بتوضح أثر تغيير K

* رايك اللي يفرد في تفاصيل الصورة أكثر؟ ال Samples or levels ، يعني رايك
 الزم؟

* راجع ال Iso preference curves في سلايد [3a.10] بتوضح
 الفرق مع الصور الموجودة

* في صورة ال face ، مضى تفاصيل كثير ، صورة ال Cameraman
 فيها تفاصيل medium ، و ال Crowd فيها تفاصيل كثيرة

* ال observed هيا الخطوط في ال iso preference ، الخط معناه إنك ال Quality
 اللي بتشوفها كويسة .

* معنى ال Curves :

- في حالة ال Crowd : فيه تفاصيل كثيرة ، فلو قللت ال K (Intensity Resolution)
 هتدعي ال N مش محتاج أغير فيها كثير .

لنمضي راند طما فيه تفاصيل كثير في الصورة عشان لازم K عالية

- في حالة ال Cameraman : فيه تفاصيل أقل ، فحشانه أفاظ على ال Quality
 لا أقل ال K لازم أزود ال Samples

يعني راني محتاج عدد كبير من ال levels عشانه أظهر التفاصيل طما ال Samples
 عندي تكون قليلة

- في حالة ال face : نفس الكلام ، بحتاج K كبيرة لعدد ال Samples قليل

عشانه أفاظ على ال Subjective Quality ، واضح راند لنفس العذر

مدال Samples بحتاج K تكون أكبر من اللي في ال Cameraman

(لوخذت عدد ال samples عند $N=128$ هتدعي ال K أكبر في ال face

عند ال Cameraman)

Interpolation

x لا يكون عند قيم مجهولة وعائز أجيبها بمعلومية القيم القريبة منها بعمل

Interpolation ، شوف الصورة في سلايد [35. 11] .

* لا بعمل Zoom لصورة يبقى فيه pixels حش عارفها وعائز أجيب قيمها بمعلومية ال pixels المجاورة . عندي 3 طرق

① Nearest Neighbor : قيمة ال pixel المجهول = قيمة أقرب pixel مجاور له .

② Bilinear interpolation : يبقى عندي معادلة فيها 4 parameters عشان

أجيب قيمة البكسل المجهول بمعلومية 4 قيم ال 4 Pixels

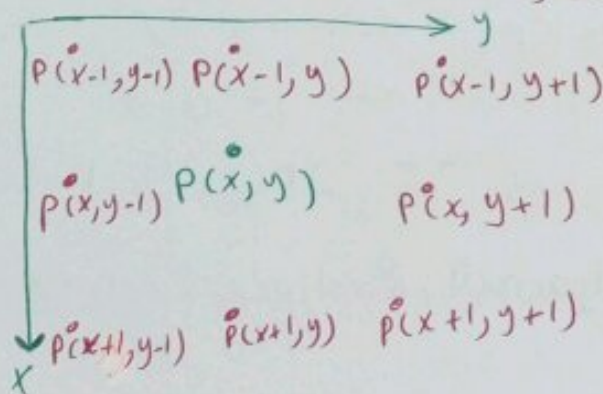
$$V(x, y) = ax + by + cxy + d$$

بجيب ال a, b, c, d عشان أعرف قيمة البكسل الجديدة $V(x, y)$

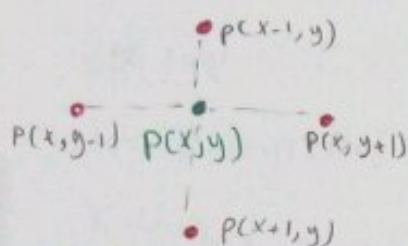
③ Bicubic interpolation : نفس منطق ال bilinear بس عندي 16 بارامتر
من 16 بكسل

Adjacency & Distance

لو فرضت بكسل $P(x, y)$ في النص ، البكسلات موالية هتبقى زي الشكل
الموضح (ركز في الرموز)

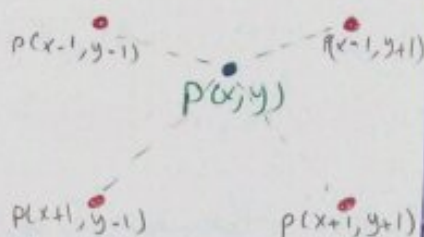


N_4 adjacency



$N_4(P) = \{p(x-1, y), p(x+1, y), p(x, y-1), p(x, y+1)\}$

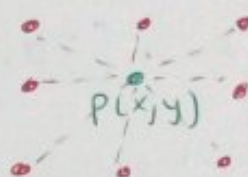
N_D (Diagonal)



$N_D(P) = \{p(x-1, y+1), p(x-1, y-1), p(x+1, y+1), p(x+1, y-1)\}$

N_8 adjacency

$N_4 \cup N_D$



$N_8(P) = N_D(P) \cup N_4(P)$

N_4 : باحد الـ pixels المجاورة في شكل علامة (+)

N_D : باحد الـ pixels المجاورة في شكل علامة (X)

N_8 : باحد الـ pixels المجاورة في شكل مربع (□)

- راجع صفحة 17 و 18 (بترقيم البرنامج من الصفحات المتصورة)

- بترقيم صفحات الملف هيتونوا [16 و 17]

* بعد كده لما نقول راجع صفحة يبقى تمشي بترقيم البرنامج من ترقيم الصفحات المكتوب.

* راجع سلايد [3b. 1] Neighbors

* نكمل بقى على الـ adjacency [اللي فات كنا بنعرف الـ Neighbors]

* هنعرف Vector واحد V وده اسمه adjacency set

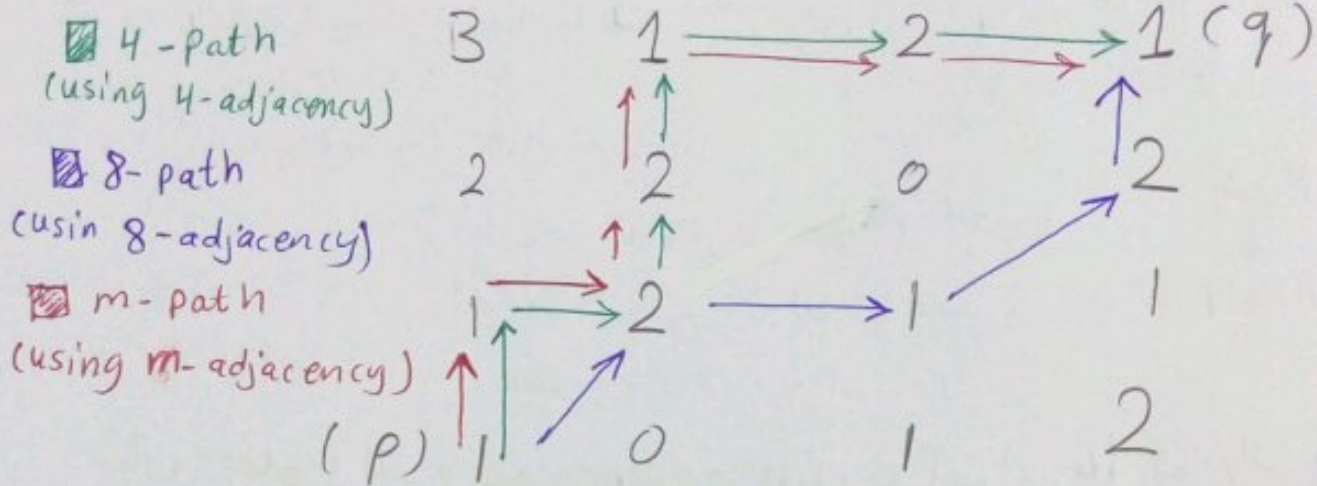
* عشان نقول انه عندي بكسل p يكون adjacent لبكسل q

لازم: اولاً قيمة البكسل p تكون في الـ adjacency set V

ثانياً يكون 4 -adjacent, 8 -adjacent, m -adjacent (واحدة منهم)

$$V = (1, 2)$$

مدل ساده 2.15 مربع فقرة (b)

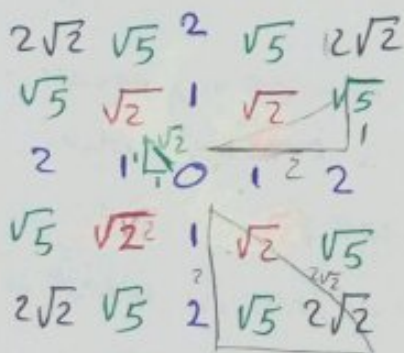


محلول، أقصر مساري الثلاث حالات 4-path; 8-path; m-path
بـ p, q

Distance * رابع - لاينز [3b.6, 3b.7, 3b.8]

Euclidean

تكلفة الـ N_4 بـ 1
والـ N_D من نظرية فيثاغورث
في مثلث قائم الزاوية



بمضي N_4 أو N_D

تكلفة الـ N_4 بـ 1 والـ N_D
بـ (جذر مربع طول الوتر)

$$\sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2}, \sqrt{2^2 + 1^2} = \sqrt{5}$$

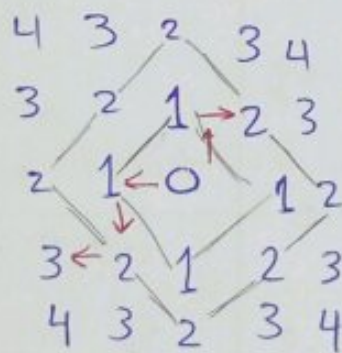
$$\sqrt{2^2 + 2^2} = 2\sqrt{2}$$

$$D_e(p, q) = \sqrt{(x-s)^2 + (y-t)^2}$$

حيث s, t هي بعد النقطة عن المركز
على كل محور

City block (Manhattan)

تكلفة الـ N_4 بـ 1
والـ N_D بـ 2



بمضي Step واحدة على N_4

وكل step بـ 1

* المسافات بتوزع على
شكل معين

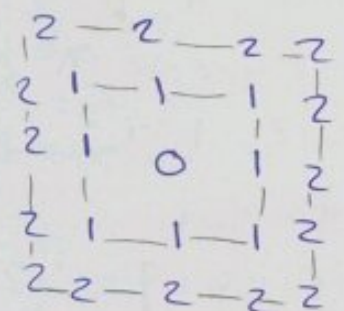
$$D_4(p, q) = |x-s| + |y-t|$$

حيث s, t بعد النقطة عن
المركز على كل محور

8

Chess board

تكلفة الـ N_4 بـ 1
والـ N_D بـ 1



بمضي N_4 أو

N_D بتكلفة 1

* المسافات بتوزع
على شكل مربع

$$D_8(p, q) = \max(|x-s|, |y-t|)$$

حيث s, t هما بعد النقطة
عن المركز على كل محور